

TRABAJO FINAL DE GRADO

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

UNIDAD DE MONITORIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA DE LA RED



Análisis Económico

Autor: Darya Tsiareshchanka
Director: Manuel Andrés Manzanares Brotons
Convocatoria: Septiembre 2019

Índice

1. Coste del prototipo.....	7
1.1.Coste de materiales.....	7
1.1.1.PIC16F877A.....	7
1.1.2.ARDUINO.....	8
1.2.Coste de desarrollo	8
1.2.1.PIC16F877A.....	8
1.2.2.ARDUINO.....	9
1.3.Coste del Software.....	9
1.4.Coste total.....	10
1.4.1.PIC16F877A.....	10
1.4.2.ARDUINO.....	11
2. Coste del prototipo de venta.....	13
2.1.Coste del montaje	13
2.2.Coste de los materiales.....	13
2.2.1.PIC16F877A.....	13
2.2.2.ARDUINO.....	15
2.3.Coste total.....	15
2.3.1.PIC16F877A.....	16
2.3.2.ARDUINO.....	16

Índice de tablas

Tabla 1.1.1.1. Costes de los materiales utilizados en el hardware con PIC.....	7
Tabla 1.1.2.1. Costes de los materiales utilizados en el hardware Arduino.....	8
Tabla 1.2.1.1. Costes humanos del hardware con PIC.....	8
Tabla 1.2.2.1. Costes humanos del hardware Arduino.....	9
Tabla 1.3.1. Coste del software.....	9
Tabla 1.4.1. Costes por amortización de los equipos.....	10
Tabla 1.4.1.1. Coste total para el prototipo del PIC16F877A.....	10
Tabla 1.4.2.1. Coste total para el prototipo de Arduino.....	11
Tabla 2.1.1. Coste del montaje de la unidad de monitorización.....	13
Tabla 2.2.1.1. Coste de los materiales básicos para el prototipo PIC16F877A.....	13
Tabla 2.2.1.2. Coste de los sensores para el prototipo PIC16F877A.....	14
Tabla 2.2.2.1. Coste de los materiales básicos para el prototipo con Arduino.....	15
Tabla 2.2.2.2. Coste de los sensores para el prototipo con Arduino.....	15
Tabla 2.3.1.1. Coste total para el prototipo PIC16F877A.....	16
Tabla 2.3.2.1. Coste total para el prototipo Arduino.....	16

1. Coste del prototipo

A continuación, se realizará un estudio económico de la unidad de monitorización desarrollada en el proyecto. Se realiza el estudio de los costes de los materiales de los dos prototipos (de microcontrolador PIC16F877A y del hardware ARDUINO), costes humanos, costes del software utilizado, costes de sensores.

Finalmente, se reflejará el coste total del TFG.

1.1. Coste de materiales

En este apartado se definen todos los costes de los materiales utilizados para el desarrollo del prototipo sin tener en cuenta los sensores utilizados. En el precio total se refleja el precio de los elementos juntamente con el 21% del IVA.

1.1.1. PIC16F877A

Tabla 1.1.1.1. Costes de los materiales utilizados en el hardware con PIC.

REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UD.	PRECIO TOTAL + IVA
Fuente de alimentación	1	19,95 €	19,95 €
Condensador (15 pF)	2	0,19 €	0,38 €
Condensador (1 uF)	4	0,60 €	2,40 €
Condensador (33 uF)	1	0,75 €	0,75 €
Conector (66226-002)	1	0,66 €	0,66 €
Conector (CONN-D9F)	1	2,70 €	2,70 €
Conector (66226-006LF)	1	0,80 €	0,80 €
LCD1 (LM016L)	1	9,75 €	9,75 €
Resistencia (10 kΩ)	1	0,40 €	0,40 €
Resistencia (47 kΩ)	3	0,40 €	1,20 €
Potenciómetros (10 kΩ)	6	0,60 €	3,60 €
Microcontrolador (PIC16F877A)	1	4,57 €	4,57 €
Regulador de voltaje	1	0,61 €	0,61 €
PCB	1	10,00 €	10,00 €
MAX232	1	1,33 €	1,33 €
Cristal de cuarzo	1	0,70 €	0,70 €

TOTAL 59,80 €

1.1.2. ARDUINO

Tabla 1.1.2.1. Costes de los materiales utilizados en el hardware Arduino.

REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UD.	PRECIO TOTAL + IVA
Diodo LED	1	0,54 €	0,54 €
Resistencia (10k Ω)	5	0,40 €	2,00 €
Resistencia (330 Ω)	1	0,15 €	0,15 €
Resistencia (620 Ω)	1	0,15 €	0,15 €
Resistencia (1 k Ω)	2	0,18 €	0,36 €
Resistencia (33 k Ω)	1	0,38 €	0,38 €
LCD1 (LM016L)	1	9,75 €	9,75 €
RV1 (47 k Ω)	5	0,38 €	1,90 €
U1 (ARDUINO UNO)	1	23,15 €	23,15 €
I2C (PCF8574)	1	1,44 €	1,44 €
PCB	1	10,00 €	10,00 €
Multiplexor (74HC4067)	1	4,93 €	4,93 €
TOTAL			54,75 €

1.2. Coste de desarrollo

El siguiente proyecto se ha realizado por una persona, por lo tanto, se indican las horas dedicadas al desarrollo de los prototipos en la Tabla 1.2.1.1 y Tabla 1.1.2.1.

Se hace una aproximación del precio por hora que suele cobrar un ingeniero junior. En este caso, se consideran 15 €/hora netos.

1.2.1. PIC16F778A

Tabla 1.2.1.1. Costes humanos del hardware con PIC.

TRABAJO	HORAS	PRECIO NETO	PRECIO TOTAL + IVA
Estudio del tema	80	1 200,00 €	1 452,00 €
Diseño del hardware (PIC16F877A)	60	900,00 €	1 089,00 €

Montaje del hardware	30	450,00 €	544,50 €
Redacción de la documentación	60	900,00 €	1 089,00 €
TOTAL	230	3 450,00 €	4 174,50 €

1.2.2. ARDUINO

Tabla 1.2.2.1. Costes humanos del hardware Arduino.

TRABAJO	HORAS	PRECIO NETO	PRECIO TOTAL + IVA
Estudio del tema	80	1 200,00 €	1 452,00 €
Diseño del hardware (ARDUINO)	50	750,00 €	907,5 €
Montaje del prototipo <i>protoboard</i>	35	525,00 €	635,25 €
Montaje del hardware	40	600,00 €	726,00 €
Desarrollo del software	75	1 125,00 €	1 361,25 €
Pruebas del código	50	750,00 €	907,50 €
Redacción de la documentación	70	1 050,00 €	1 270,50 €
TOTAL	400	6 000,00 €	7 260,00 €

Tal como se indica en las tablas anteriores, para el desarrollo del prototipo con hardware del microcontrolador PIC se han necesitado 230 horas.

En caso del hardware de Arduino se han necesitado 400 horas, más que en el prototipo con PIC ya que se ha trabajado el software y se han realizado las pruebas de su correcto funcionamiento.

1.3. Coste del Software

En el siguiente apartado se calculan los costes que tienen los programas y aplicaciones necesarias para el diseño del hardware y su correcta simulación.

Tabla 1.3.1. Coste del software.

SOFTWARE	COSTE LICENCIA	COSTE + IVA
Microsoft Office	99,00 €	119,79 €

PROTEUS	393,00 €	475,53 €
TOTAL	492,00 €	595,32 €

Para cada uno de los prototipos se han utilizado aplicaciones indicadas en la Tabla 1.3.1. Sin embargo, para el código en caso del prototipo con Arduino se ha utilizado el Sketch Arduino que es gratuito.

1.4. Coste total

Para calcular el coste total es necesario tener en cuenta todas las variables comentadas anteriormente, pero también es importante calcular los costes adicionales que ha tenido el estudiante.

Tabla 1.4.1. Costes por amortización de los equipos.

Equipo	Coste	Vida útil	Uso	Amortización
PC (Acer)	799,99 €	8 años	5,21%	41,67 €
Soldador	24,99 €	8 años	5,95%	1,49 €
IVA				9,06 €
TOTAL				52,22 €

Finalmente, se calcula el coste total para cada uno de los prototipos diseñados y se incluye un 6% se los servicios generales del coste total.

1.4.1. PIC16F877A

Tabla 1.4.1.1. Coste total para el prototipo del PIC16F877A.

CONCEPTO	PRECIO TOTAL
Recursos humanos	4 174,50 €
Materiales	59,80 €
Software	595,32 €
Amortización de los equipos	52,22 €
Servicios (7%)	441,83 €
TOTAL	5 323,67 €

El coste total que presenta el diseño del prototipo con el microcontrolador PIC16F877A sin el desarrollo del software de este equivale a 5.323,67 €.

1.4.2. ARDUINO

Tabla 1.4.2.1. Coste total para el prototipo de Arduino.

CONCEPTO	PRECIO TOTAL
Recursos humanos	7 260,00 €
Materiales	54,75 €
Software	595,32 €
Amortización de los equipos	52,22 €
Servicios (7%)	702,77 €
TOTAL	8 665,06 €

El coste total que presenta el diseño del prototipo con el microcontrolador ATMEL del hardware Arduino con el desarrollo del software de este equivale a 8.665,06€.

2. Coste del prototipo de venta

En el apartado 1 se han determinado los costes de dos prototipos de simulación. Sin embargo, es necesario deducir el coste que tendrá la unidad de adquisición de datos y su instalación. Para ello se van a deducir los costes de trabajo de técnicos para el correcto montaje de la unidad, los componentes básicos de la unidad y los sensores que se van a utilizar en este caso.

2.1. Coste del montaje

Para el montaje correcto se contrata un técnico que cobra 12€/hora. Se hace una suposición que es posible la instalación del hardware en 1,2 horas y finalmente, son necesarias las pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la unidad.

Tabla 2.1.1. Coste del montaje de la unidad de monitorización.

TRABAJO	HORAS	PRECIO NETO	PRECIO TOTAL + IVA
Montaje del hardware	1,2	15,60 €	18,88 €
Pruebas funcionales	0,3	3,90 €	4,72 €
TOTAL			23,60 €

Estos costes serán iguales tanto para el hardware con el microcontrolador PIC16F877A como para el hardware Arduino.

2.2. Coste de los materiales

Se especifican los costes de los materiales básicos de la unidad de la monitorización en la Tabla 2.2.1.1. Y a continuación, los costes de los sensores para cada uno de los prototipos diseñados.

El coste total de los materiales básicos será más reducido que en el estudio de costes de materiales para el prototipo de simulación ya que se comprarían los materiales de muchas unidades lo que bajaría el coste por unidad de cada elemento.

2.2.1. PIC16F778A

Tabla 2.2.1.1. Coste de los materiales básicos para el prototipo PIC16F877A.

REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UD.	PRECIO TOTAL + IVA
Fuente de alimentación	1	12,56 €	12,56 €
Condensador (15pF)	2	0,13 €	0,26 €
Condensador (1uF)	4	0,42 €	1,68 €
Condensador (33uF)	1	0,53 €	0,53 €
Conector (66226-002)	1	0,46 €	0,46 €
Conector (CONN-D9F)	1	1,89 €	1,89 €
Conector (66226-006LF)	1	0,56 €	0,56 €
Conector (26630201RP2)	1	0,46 €	0,46 €
LCD1 (LM016L)	1	6,83 €	6,83 €
Resistencia (10k Ω)	1	0,28 €	0,28 €
Resistencia (47k Ω)	3	0,28 €	0,84 €
Potenciómetros (10k Ω)	1	0,42 €	0,42 €
Microcontrolador (PIC16F877A)	1	3,20 €	3,20 €
Regulador de voltaje	1	0,43 €	0,43 €
PCB	1	7,00 €	7,00 €
MAX232	1	0,93 €	0,93 €
Cristal de cuarzo	1	0,49 €	0,49 €
TOTAL			38,82 €

Tabla 2.2.1.2. Coste de los sensores para el prototipo PIC16F877A.

SENSOR	CANTIDAD	PRECIO NETO
CYHCS-K200	2	30,00 €
CYVT03-34S0-0.2-B100V	2	21,00 €
LM35	1	0,66 €
SPEKTRON 320	1	380,00 €
IVA		90,65 €
TOTAL		522,31 €

2.2.2. ARDUINO

Tabla 2.2.2.1. Coste de los materiales básicos para el prototipo con Arduino.

REFERENCIA	CANTIDAD	PRECIO UD.	PRECIO TOTAL + IVA
Diodo LED	1	0,38 €	0,38 €
Resistencia (10kΩ)	5	0,28 €	1,40 €
Resistencia (330Ω)	1	0,11 €	0,11 €
Resistencia (620Ω)	1	0,11 €	0,11 €
Resistencia (1kΩ)	2	0,13 €	0,26 €
Resistencia (33kΩ)	1	0,27 €	0,27 €
LCD1 (LM016L)	1	6,83 €	6,83 €
U1 (ARDUINO UNO)	1	16,21 €	16,21 €
I2C (PCF8574)	1	1,01 €	1,01 €
PCB	1	7,00 €	7,00 €
Multiplexor (74HC4067)	1	3,45 €	3,45 €
TOTAL			37,03 €

Tabla 2.2.2.2. Coste de los sensores para el prototipo con Arduino.

SENSOR	CANTIDAD	PRECIO NETO
CYHCS-K200-50A	1	30,00 €
CYHCS-K200-30A	1	30,00 €
FZ0430	2	21,00 €
TMP36	1	1,84 €
SPEKTRON 320	1	380,00 €
IVA		97,20 €
TOTAL		560,04 €

2.3. Coste total

Para definir los costes de producción de cada unidad de monitorización se suman los costes de montajes, costes de materiales básicos y los costes de sensores para cada uno de los prototipos.

Una vez que se obtiene el coste total, se decide el precio de venta y se calculan las unidades que es necesario producir por tal de amortizar el estudio de desarrollo del prototipo.

2.3.1. PIC16F877A

Tabla 2.3.1.1. Coste total para el prototipo PIC16F877A.

CONCEPTO	PRECIO NETO
Recursos humanos	23,60 €
Materiales	38,82 €
Sensores	522,31 €
TOTAL	584,73 €

Se decide escoger como el precio de venta final de 650 € con sensores incluidos y el montaje necesario.

A continuación, se determina el margen disponible y finalmente se calcula la cantidad de las unidades que es necesario producir para amortizar el estudio realizado.

$$\text{Margen} = 650 - 584,73 = 65,27 \text{ €} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Unidad} = \frac{5323,67 \text{ €}}{65,27 \text{ €}} = 81,56 \text{ ud.} \simeq 82 \text{ ud.} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Tal como se deduce de la (Ecuación 2), será necesario vender 82 unidades para amortizar los costes del diseño del siguiente prototipo. A partir de 82 unidades ya se empezarán a obtener los beneficios.

2.3.2. ARDUINO

Tabla 2.3.2.1. Coste total para el prototipo Arduino.

CONCEPTO	PRECIO NETO
Recursos humanos	23,60 €
Materiales	37,03 €
Sensores	560,04 €

TOTAL 620,67 €

Se decide escoger como el precio de venta final de 700 € con sensores incluidos y el montaje necesario.

A continuación, se determina el margen disponible y finalmente se calcula la cantidad de las unidades que es necesario producir para amortizar el estudio realizado.

$$\text{Margen} = 700 - 620,67 = 79,33 \text{ €} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\text{Unidad} = \frac{8665,06 \text{ €}}{79,33 \text{ €}} = 109,23 \text{ ud.} \simeq 110 \text{ ud.} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Tal como se deduce de la (Ecuación 4) será necesario vender 110 unidades para amortizar los costes del diseño del siguiente prototipo. A partir de 110 unidades ya se empezarán a obtener los beneficios.

Se considera que es posible vender suficientes unidades para empezar a obtener los beneficios, ya que las instalaciones fotovoltaicas es un mercado que se encuentra en expansión y su uso aumenta cada año. Por lo tanto, se deduce que habrá suficiente demanda para cubrir los gastos del diseño.